

2. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003
3. СанПиН 2.2.2/2,4,1340-03. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
4. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

УДК 621.039+621.1.016

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ПАРОГЕНЕРАТОРА АЭС С ВВЭР**

### **ESTIMATION OF THE PASSIVE HEAT REMOVING EFFICIENCY FROM A VVER NPP STEAM GENERATOR**

Та Ван Тхыонг, Ха Хюи Мань, Климова В. А., Ташлыков О. Л.  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,  
manhnlnt@gmail.com

Ta Van Thuong, Ha Huy Manh, Klimova V. A., Taslykov O. L.  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** Описаны модели нескольких вариантов конструкции теплообменных аппаратов, охлаждаемых за счет естественной циркуляции воздуха. Приведены результаты теплогидравлического анализа.

**Abstract:** Described are the computer models of several design variants of heat exchangers cooled by the natural convection of surrounding air. The results of thermohydraulic analysis are given.

**Ключевые слова:** естественная конвекция; воздушный теплообменник; компьютерное моделирование теплогидравлических процессов.

**Key words:** *natural convection; air-cooled heat exchanger; computer simulation of thermal-hydraulic processes.*

В соответствии с последними требованиями международных и отечественных нормативных документов АЭС снабжаются системами по управлению запроектными авариями, среди которых система пассивного отвода тепла через парогенераторы [1]. Она предназначена для длительного отвода остаточной теплоты активной зоны конечному поглотителю (атмосфере) через второй контур АЭС.

В данной работе рассматривается несколько вариантов конструкции теплообменного аппарата, в котором вода с параметрами 250 °С и 5 МПа охлаждается за счет свободной конвекции окружающего воздуха (температура принята 30 °С). Целью работы является сравнение эффективности аппаратов разной конструкции, которые показаны на рис. 1. Модели аппаратов построены в программном комплексе SolidWorks [2, 3].

Первый вариант (рис. 1, а) состоит из корпуса и спирального змеевика  $\varnothing 30 \times 2,5$ , внутри которого в направлении сверху вниз течет вода. Высота спирали 1025 мм, диаметр витка – 300 мм, шаг 50 мм. Второй вариант (рис. 1, б) построен таким образом, что площадь поверхности теплообмена, диаметры и высота трубок такие же, как у первого варианта. Третий вариант (рис 1, в) отличается от второго расположением отверстий для забора воздуха.

Анализ теплообмена с окружающим воздухом выполнялся в приложении Flow Simulation. В проекте учитывались гравитационные эффекты и теплопроводность в твердых телах. Расчет выполнялся при разных значениях расхода воды через трубки. Основные результаты расчета даны в таблице. Здесь  $G_{\text{воды}}$  – расход воды через теплообменник,  $T_{\text{возд}}$  – температура воздуха на выходе;  $G_{\text{возд}}$  – расход воздуха через входное отверстие,  $Q$  – количество теплоты, отведенное воздухом.

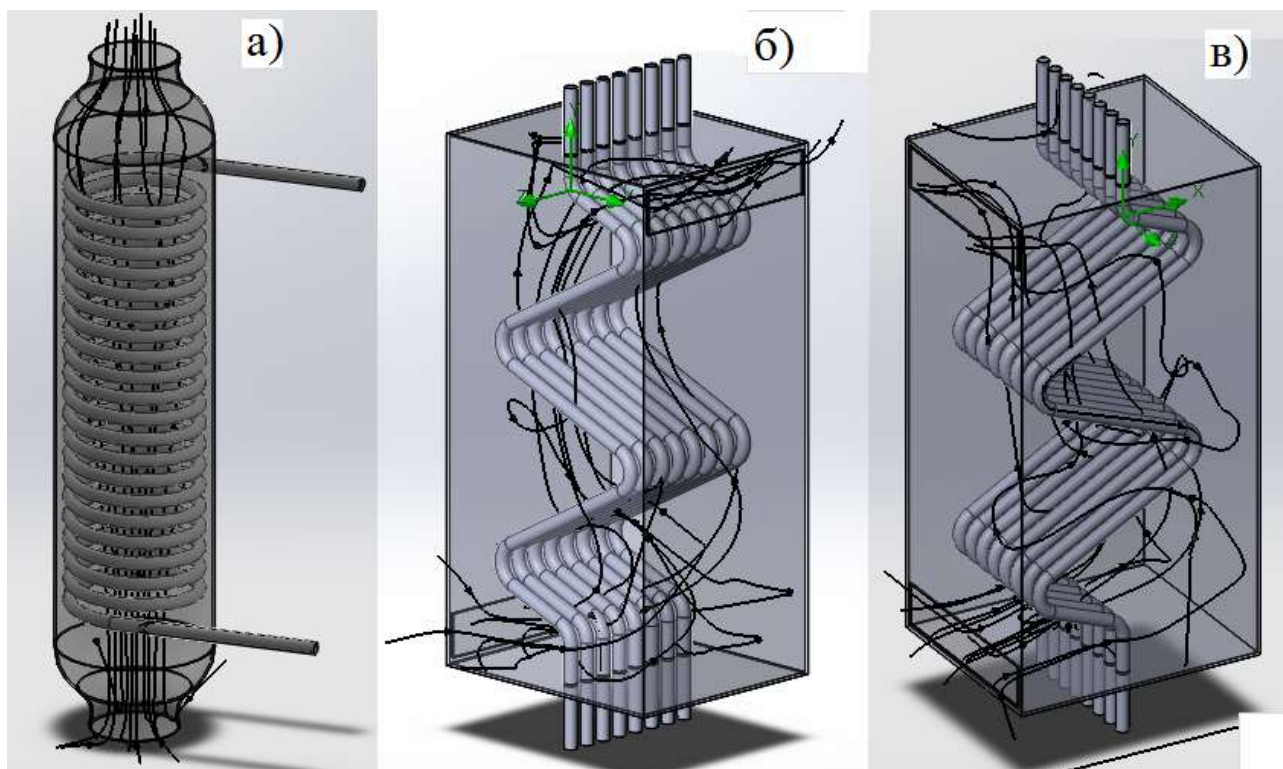


Рис. 1. Конструкции теплообменников с траекториями потока воздуха

#### Результаты расчета

$G_{\text{воды, кг/с}}$	Первый вариант			Второй вариант			Третий вариант		
	$T_{2\text{возд, } ^\circ\text{C}}$	$G_{\text{возд, кг/с}}$	$Q, \text{ Вт}$	$T_{2\text{возд, } ^\circ\text{C}}$	$G_{\text{возд, кг/с}}$	$Q, \text{ Вт}$	$T_{2\text{возд, } ^\circ\text{C}}$	$G_{\text{возд, кг/с}}$	$Q, \text{ Вт}$
0,5446	99,0	0,0278	1924,4	94,5	0,0348	2174,4	90,0	0,0371	2160,1
0,472	99,1	0,0278	1926,2	94,3	0,0349	2174,1	90,1	0,0372	2166,6
0,3631	99,0	0,0278	1924,1	94,4	0,0348	2168,8	90,1	0,0371	2165,8
0,2905	99,0	0,0278	1924,1	94,1	0,0350	2174,4	89,6	0,0372	2149,7

На рис. 2 показан график зависимости температуры воды на выходе из теплообменника от расхода.

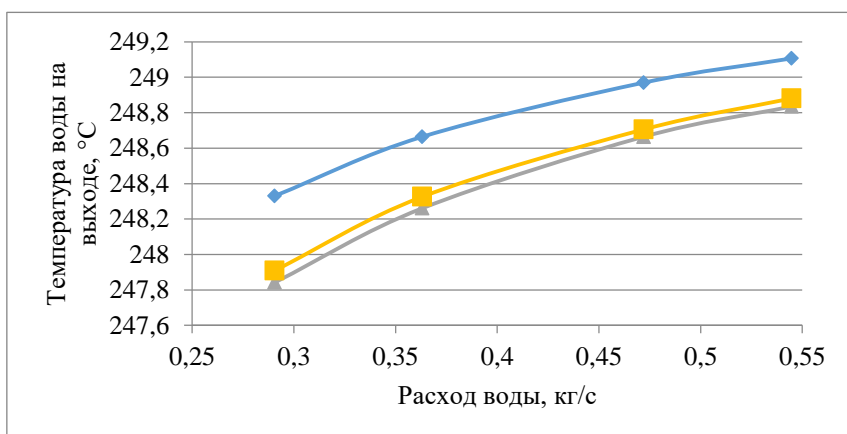


Рис. 2. Температуры воды на выходе из теплообменных аппаратов:  $\blacklozenge$  – первый вариант;  $\blacktriangle$  – второй вариант;  $\blacksquare$  – третий вариант

Полученные результаты показывают, что расход воды через теплообменник слабо влияет на отведенное количество теплоты. Следовательно, можно подобрать такой расход, который обеспечивается течением воды под действием сил гравитации. Влияние формы теплообменного аппарата показывает, что эффективнее аппараты с большим количеством трубок и меньшими скоростями течения воды.

#### Список использованных источников

1. Ташлыков О. Л. Основы ядерной энергетики; под общ. ред. С. Е. Щеклеина. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 225 с.
2. Шумков Д. Е., Климова В. А., Ташлыков О. Л. Задача повышения надежности расхолаживания шахты-хранилища отработавших тепловыделяющих сборок // Перспективные энергетические технологии. Экология, экономика, безопасность и подготовка кадров – 2016 : материалы научно-практической конференции (Екатеринбург, 11 октября 2016 г.). – Екатеринбург : УрФУ, 2016. С. 42–44.
3. Шумков Д. Е., Климова В. А., Ташлыков О. Л., Селезнев Е. Н. Повышение надежности охлаждения облученных топливных сборок ИЯР ИВВ-2М в шахте-хранилище // Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2017 (15–19 мая 2017 г.): тезисы докладов IV Международной молодежной научной конференции (Секции 3, 4, 5). Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 122–123. [Электронный ресурс] URL: [http://fizteh.urfu.ru/conference/media/pdfs/Tezisy2017\\_Section3.pdf](http://fizteh.urfu.ru/conference/media/pdfs/Tezisy2017_Section3.pdf) (дата обращения 24.11.2017)

УДК 620.92

## **АНАЛИЗ АЛЮМОВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ**

## **ANALYSIS WATER-ALUMINUM HYDROGEN ENERGY FROM THE POINT OF INTENSITY**

Терентьева Т. В., Стариков Е. В.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,  
[terenteva-tt@yandex.ru](mailto:terenteva-tt@yandex.ru)